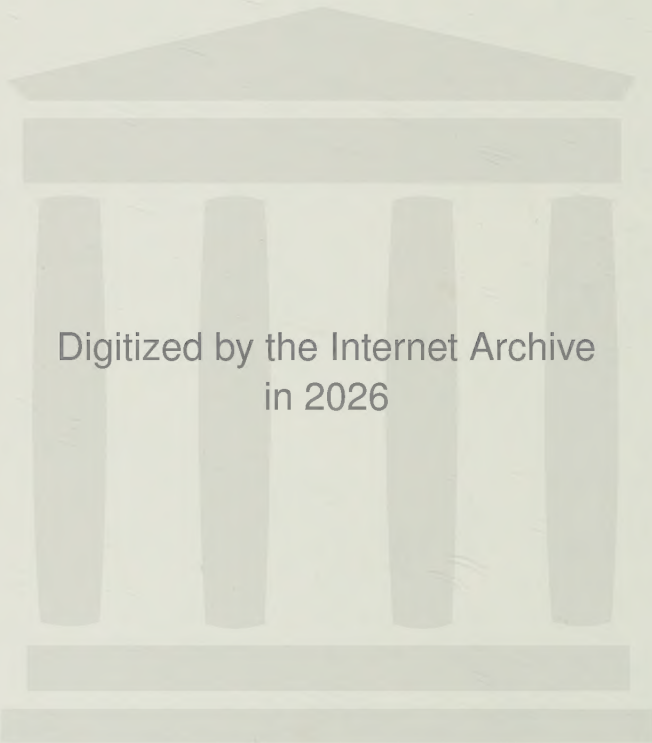


URSACHENFORSCHUNG
DER SKIUNFÄLLE
1971/72 UND 1972/73

GERT-ULRICH MÜLLER

1974



Digitized by the Internet Archive
in 2026

Aus dem Klinikum rechts der Isar der Technischen Universität München

Direktor: Professor Dr. G. Maurer

URSACHENFORSCHUNG DER SKIUNFÄLLE

1971/72 und 1972/73

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde in der Zahnheilkunde

vorgelegt von

Gert-Ulrich Müller

aus Stuttgart

München 1974

Gedruckt mit der Genehmigung der Universität München



Berichterstatter: Oberarzt Dr. Bernett

Mitberichterstatter: Professor Dr. Dr. Heberer

Dekan: Professor Dr. Spann

Tag der mündlichen Prüfung: 26. November 1974

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	Seite 1
Untersuchungsmethoden	2
Untersuchungsergebnisse	3
Alter	3
Jahreszeit	4
Uhrzeit	5
Wochenende, freier Tag, Urlaubstage	6
Nachtschlaf	6
Höhenlage der Unfallstelle	6
Abfahrtsleistung	8
Sportausübung	12
Alkoholgenuß	14
Pflege des Skibelags, der Kanten und der Bindung	14
Können	16
Skierfahrung	17
Unfallkleidung	18
Lufttemperatur	18
Aufstiegshilfen	18
Sicht	20
Piste	25
Tiefschnee	26
Schneequalität	27
Geländeneigung	29
Geländebeschaffenheit und Fahrweise	30
Fahrtgeschwindigkeit	32
Körperhaltung	33

Verletzungsart	Seite 34
unmittelbare Ursachen	34
Skilänge	36
Skistiefel	37
Sicherheitsbindung	40
Zusammenfassung der Hauptursachen	45
Literaturübersicht	48
Lebenslauf	51

In den letzten Jahrzehnten hat der Skisport einen grundlegenden Wandel erfahren. Vom individuellen Skisport mit gemütlichen Abfahrten und stundenlangen Skiwanderungen, entwickelte sich das Skilaufen zum Massensport mit der Frage nach Pisten und Skiliften. Man fand für die triste Jahreszeit des Winters eine neue Freizeitbeschäftigung, nahm aber den Stress des Alltags mit ins Wochenende und, anstatt einen sportlichen Ausgleich für die teilweise harte Arbeit der Woche zu schaffen, wurde das Skifahren bis an die Grenze der Leistungsfähigkeit der ohnehin kaum trainierten Muskulatur betrieben. Die von Jahr zu Jahr immer stärker ansteigende Zahl der Skiläufer ergab eine immer größer ansteigende Zahl der Skiunfälle.

Diese Umstände veranlaßten die Klinik der Technischen Universität München rechts der Isar, Untersuchungen an verletzten Skiläufern durchzuführen. Durch eine Analyse der Unfallfaktoren sollen Hinweise zur Unfallvorbeugung gefunden werden. Dafür standen 117 stationär aufgenommene Patienten zur Verfügung, die in den Wintermonaten 1971/72 und 1972/73 verunglückt waren.

Untersuchungsmethoden

Die Unfallursachen wurden an Hand eines Fragebogens festgestellt, in dem alle denkbar möglichen Faktoren, die zum Unfall führen konnten, aufgezeichnet wurden. Der Fragebogen teilte sich in Anamnese und Meßdaten.

Bei der Anamnese wurde festgehalten, in welchem Trainingszustand sich der Patient befand, welche Sportarten wie häufig betrieben und wie die Ski gepflegt wurden. Danach folgten Fragen über die Skierfahrung und das Können, sowie über die bereits gefahrenen Skitage in der laufenden Saison. Außerdem interessierte noch, ob sich der Unfall am Wochenende, an einem freien Tag oder im Urlaub ereignete und die Schlafdauer in Stunden in der Nacht vor dem Unfalltag. Andere Unfallfaktoren, wie Alkoholgenuß, Kleidung, Lufttemperatur und Aufstiegshilfen fanden Berücksichtigung. Ebenso wurde die Abfahrtsleistung des Skiläufers, die Höhe der Unfallstelle und die Sichtverhältnisse erfragt. Die Art der Piste, die Qualität und die Art des Schnees wurden genauso wie die Neigung und Beschaffenheit des Geländes als Gefahrenpunkte festgehalten. Hinzu wurde die Fahrtgeschwindigkeit, die Fahrweise und die Körperhaltung ermittelt. Danach folgten die verschiedensten Fragen nach dem Unfallgeschehen und den Verletzungen, sowie genaueste Auskunft über die Sicherheitsbindung, einschließlich deren Pflege und Einstellung.

Der zweite Teil des Fragebogens enthielt die Meßdaten und die kritische Beurteilung der Stiefel, der Ski und der Bindung. Für die Ermittlung der Auslösewerte der Skibindungen stand ein Gerät zur Verfügung, das die Auslösewerte sowohl an der Stiefelspitze zur Seite, als auch am Stiefelabsatz nach oben anzeigte. Diese Versuche wurden mehrmals wiederholt, um aus dem Mittel der Ergebnisse einen genauen Wert zu erhalten.

Untersuchungsergebnisse

Von den 117 zur Verfügung stehenden Personen waren 58 weiblichen und 59 männlichen Geschlechts. Damit ist die Möglichkeit gegeben, die Untersuchungsergebnisse beider Geschlechter gemeinsam zu beurteilen. Getrennt beurteilt wurden nur die Auswertungen über das Alter, da sich hier die Unterschiede beider Geschlechter am stärksten bemerkbar machten.

Alter

Bedingt durch die geschlechtsbedingten verschiedenartigen Charaktere, ergaben sich bei der Untersuchung des Alters die auffälligsten Unterschiede zwischen den verunfallten männlichen und weiblichen Personen. Während die Frau von Natur aus vorsichtiger ist, liebt der Mann doch im erhöhten Maße das Risiko. So schreibt G. A. P i l z in einem Artikel über die Unfallverhütung aus der Sicht der Psychologie und Sozialpsychologie: (1)

"Interessant in diesem Zusammenhang dürften auch die Aufteilungen nach Geschlecht, Alter und sozialer Schicht sein, die sich sowohl mit denen der Aggressionsforschung (PILZ et. al., 1973) als auch den Ski-Unfallstatistiken von BIENER und THELER (1972) decken. So zeigen Männer ein größeres Risikoverhalten, Männer sind aber auch aggressiver und, wie HENZI und BIENER (1972) zeigten, auch draufgängerischer, sie überschätzen leichter ihre eigenen Möglichkeiten. Ältere Personen zeigen weniger Risikoverhalten, weniger aggressives Verhalten, sie sind weniger draufgängerisch und schließlich zeigen Individuen der unteren sozialen Schichten höheres Risikoverhalten, mehr Aggressionen, sind aber auch draufgängerischer, wohl auch deshalb, weil das Verantwortungsbewußtsein in diesen Schichten geringer ausgebildet ist. Das Risikoverhalten ist also alters-, geschlechts- und schichtspezifisch different."

Das Durchschnittsalter der Männer betrug 29 Jahre, das der Frauen 35 Jahre. Zwischen dem 20. und 39. Lebensjahr verunglückten

63 % der Frauen und 85 % der Männer.

Tab. I Alter der verunfallten Personen

Alter	männlich	weiblich
10 - 19 Jahre	9 %	7 %
20 - 29 Jahre	43 %	35 %
30 - 39 Jahre	42 %	28 %
40 - 49 Jahre	4 %	18 %
50 - 59 Jahre	2 %	9 %
60 - 69 Jahre	-	3 %

Jahreszeit

In unseren Breitengraden ist das Skifahren im wesentlichen auf die Wintermonate begrenzt. Es sind nur wenige, die auch während der Sommerzeit in großen Höhen skilaufen, denn das sportliche Interesse richtet sich in der warmen Jahreszeit auf andere Sportarten. Obwohl oft schon in den Monaten November und Dezember reichlich Schnee fällt, bevorzugen doch die meisten Skifahrer viel Schnee und eine feste Schneedecke. Dies ist aber erst in den Monaten Januar und Februar, eventuell noch im März gegeben. In dieser Zeit erfolgt dann der Ansturm auf die Pisten und Skilifte. Jeder einzelne Skifahrer ist der Möglichkeit eines Sturzes ausgesetzt. Außerdem wächst auf überfüllten Pisten das Risiko mit einem anderen Skifahrer zusammenzustoßen. In dieser Zeit steigt die Unfallziffer der verletzten Skiläufer stark an. Wenn in den darauffolgenden Wochen kein Schnee mehr fällt, wird die Piste immer abgefahrener und die Schneedecke wird von Erde und Steinen unterbrochen. Diese Tatsache wird zwar von den Skifahrern anerkannt, aber wohl kaum als ernster Gefahrenpunkt wahrgenommen. Deshalb sind die Unfallziffern noch relativ hoch, obwohl das Interesse am Skifahren in dieser Zeit schon merklich nachgelassen hat.

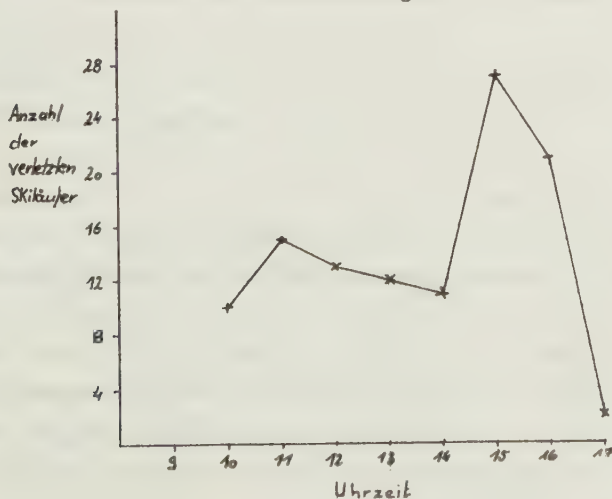
Tab. II Aufteilung der Skiunfälle auf die
Monate November bis April

November	Dezember	Januar	Februar	März	April
1 %	2 %	20 %	33 %	33 %	11 %

U h r z e i t

Im Gegensatz zu den meisten anderen Sportarten wird der Skisport während des ganzen Tages betrieben. Diese sportliche Dauerbelastung bedingt eine zwischenzeitliche Ermüdung der Muskulatur und das Nachlassen der Konzentration. Kritische Situationen können nicht mehr so gut gemeistert werden, und wenn es zum S urz kommt, kann dieser nicht mehr kraftvoll genug abgefangen werden. Diese Ermüdungsphasen zeigen sich in unserer Auswertung an einem Ansteigen der Unfallziffer gegen 11 Uhr vormittags und 15 Uhr nachmittags, wobei 58 % der Unfälle nach 15 Uhr auftraten.

Tab. III Unfallziffer im Zusammenhang mit der Uhrzeit



Abhängigkeit der Skiunfälle von der Uhrzeit. Auffällige Häufung der Unfälle um 11 Uhr und 15 Uhr als Ausdruck von Ermüdungsphasen der Skiläufer.

Wochenende, freier Tag, Urlaubstage

Das Skifahren an Wochenenden und freien Tagen leistet den Ermüdungserscheinungen Vorschub. Die Skifahrer wollen die Stunden, die ihnen zur Verfügung stehen, ausnutzen und berücksichtigen vielfach nicht die Tatsache, daß eine arbeitsreiche Woche hinter ihnen liegt und die mehr oder weniger lange Anfahrt mit dem Auto die Ermüdung beim Skifahren schneller eintreten läßt. Dagegen stellt sich der Skiläufer im Skiurlaub langsam auf das Skifahren und die veränderte Umgebung ein.

- 50 % der Skiunfälle traten an einem Wochenende,
- 10 % an einem freien Tag auf.
- 6 % der Patienten verunglückten am 1. Urlaubstag,
- 8 % der Patienten verunglückten am 2. Urlaubstag,
- 5 % der Patienten verunglückten am 3. Urlaubstag,
- 1 % der Patienten verunglückten am 4. Urlaubstag,
- 20 % der Patienten verunglückten nach dem 4. Urlaubstag.

Nachtschlaf

Ebenso wirkt sich eine zu geringe Schlafdauer auf die Leistungsfähigkeit des Skiläufers aus. So schliefen 35 % der verunglückten Personen weniger als 8 Stunden und 7 % weniger als 6 Stunden in der Nacht vor dem Unfall.

Höhenlage der Unfallstelle

Am wenigsten bewußt ist sich der Skiläufer über die Tatsache, daß mit steigender Höhe der Sauerstoffgehalt der Luft geringer wird. Der menschliche Körper kompensiert zwar diese Tatsache mit erhöhter Atem- und Pulsfrequenz, um den Sauerstoffbedarf des Gehirns, der Muskeln und der Organe zu decken, doch ist diese Möglichkeit bei körperlicher Belastung begrenzt. Je größer die Höhe ist, in die sich ein Skifahrer begibt, desto geringer ist eine Leistungsfähigkeit und desto schneller läßt seine Konzentration nach.

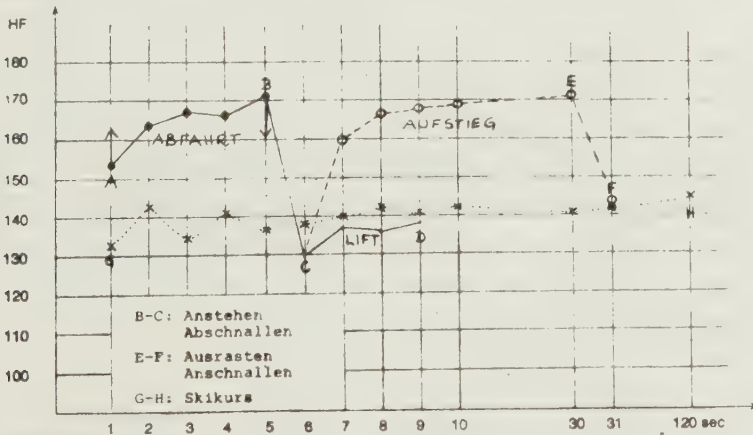
U. WEBER schreibt in seiner Veröffentlichung über 'Konditionstraining - Vorbereitungstraining für Skifahrer' folgendes: (2)

"Allein der Umstand, daß wir in kürzester Zeit mit den modernen Transportmitteln in eine völlig neue Umwelt versetzt werden, stellt Anforderungen an unser Herz-Kreislaufsystem, die weit über dem normalen Wert liegen. Für die gleiche Leistung beziehungsweise O₂-Aufnahme muß auf 2500 m ca 25 % mehr geatmet werden als auf Meereshöhe. Dies erfordert einen angepaßten Atemrhythmus (Höhenadaptation)."

Weiter schreibt E. RAAS: (3)

"Der Alpine Skiläufer bewegt sich oft in Höhen bis 3000 m und mehr und ist dadurch den Einflüssen des Höhenklimas ausgesetzt. Der wichtigste Effekt des Höhenklimas ist die Minderung des Sauerstoffdruckes, dem ganz allgemein eine wesentliche Bedeutung bei der aeroben Energiemobilisation zufällt. In der verminderten Sauerstoffspannung dürfte der Grund für die starke Auslenkung kardiorespiratorischer Funktionsgrößen bei nicht optimal angepaßten Menschen liegen (RAAS 1966, 1970)."

Wie stark dabei die Belastung des Herzens ist, zeigt RAAS in folgender Tabelle:



Herzfrequenzprofil von Skiläufern in Abhängigkeit von verschiedenen Belastungsphasen.

Wie stark dabei die Änderung des Blutdruckes ist, erklärt RAAS: (3) "BACHMANN et al. (1970) haben darauf hingewiesen, daß bei nicht rennmäßiger Abfahrt nicht nur die Pulsfrequenz beträchtlich erhöht wird, sondern auch der arterielle Blutdruck starke Reaktionen zeigt: Bei einer durchschnittlichen Pulsfrequenz von 170 ermittelte er für den arteriellen Blutdruck die Werte 180/130, wobei die Erhöhung des Blutdruckes abrupt erfolgt. Aus diesen Messungen muß auf eine nicht geringe Überlastungsgefährdung von Skifahrern mit hohem Blutdruck geschlossen werden."

Abfahrtsleistung

Der Leistungsfähigkeit des Skifahrers sind durch die Anstrengung des Skilaufens Grenzen gesetzt. Diese Grenzen machen sich als Ermüdung bemerkbar. Es tritt sowohl eine periphere, als auch eine zentrale Ermüdung auf (Keidel, Physiologie) (5).(2) In der Broschüre einer Versicherungsgesellschaft heißt es unter anderem zum Thema "Unfallursachen": "Wohl die wichtigste innere Ursache ist die Übermüdung. Ein übermüdeter Körper ist außerstande, saubere und kontrollierte Bewegungen auszuführen (Beispiel: Knieschlitter nach langer Wanderung bergab).

a) periphere Ermüdung

Bei den anaeroben Stoffwechselprozessen geht die Muskulatur unter Bildung von Milchsäure eine Sauerstoffschuld ein. Die Milchsäure wird noch während, aber hauptsächlich nach der Arbeit an anderen Stellen des Organismus abgebaut. Da bei Dauerbelastung die Bildung der Milchsäure größer ist, als deren Abbau, geht der Körper eine immer größere Sauerstoffschuld ein. Die Folge ist eine Abnahme der energiereichen Phosphatspeicher in der Muskulatur. Die Muskulatur ermüdet.

b) zentrale Ermüdung

Eine Dauerbelastung macht sich auch als zentrale Ermüdung bemerkbar. Nach KEIDEL (5) (Physiologie) ist die zentrale Ermüdung oft mit Müdigkeitsgefühl gekoppelt. Objektiv kann man z. B. Rezeptionsstörungen fest-

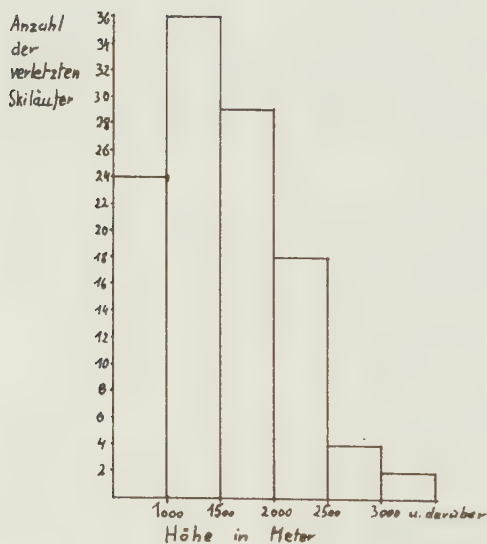
stellen. Die Flimmerverschmelzungsfrequenz ist erniedrigt, die obere Frequenzgrenze des Hörens herabgesetzt. Visuelle Wahrnehmungsstörungen während der Ermüdung, können teilweise auf mangelnde Koordination der Augenmuskeln zurückgeführt werden. Ferner sind Störungen der Aufmerksamkeit, der Konzentration und des Denkens zu beobachten. Die Reaktionszeit, vor allem für mehrere Wahlmöglichkeiten, ist verlängert.

Zum Ausgleich der Sauerstoffschuld, die der Organismus eingegangen ist, benötigt der Skifahrer Erholungspausen. Diese Erholungspausen werden mit dem geringeren Sauerstoffgehalt der Luft länger. Verzichtet ein Skifahrer auf Erholungspausen, um eine größere Abfahrtsleistung zu erreichen, tritt die Ermüdung früher ein. Das Unfallrisiko wächst dadurch erheblich.

Tab. IV: Schlafdauer in der Nacht vor dem Unfall

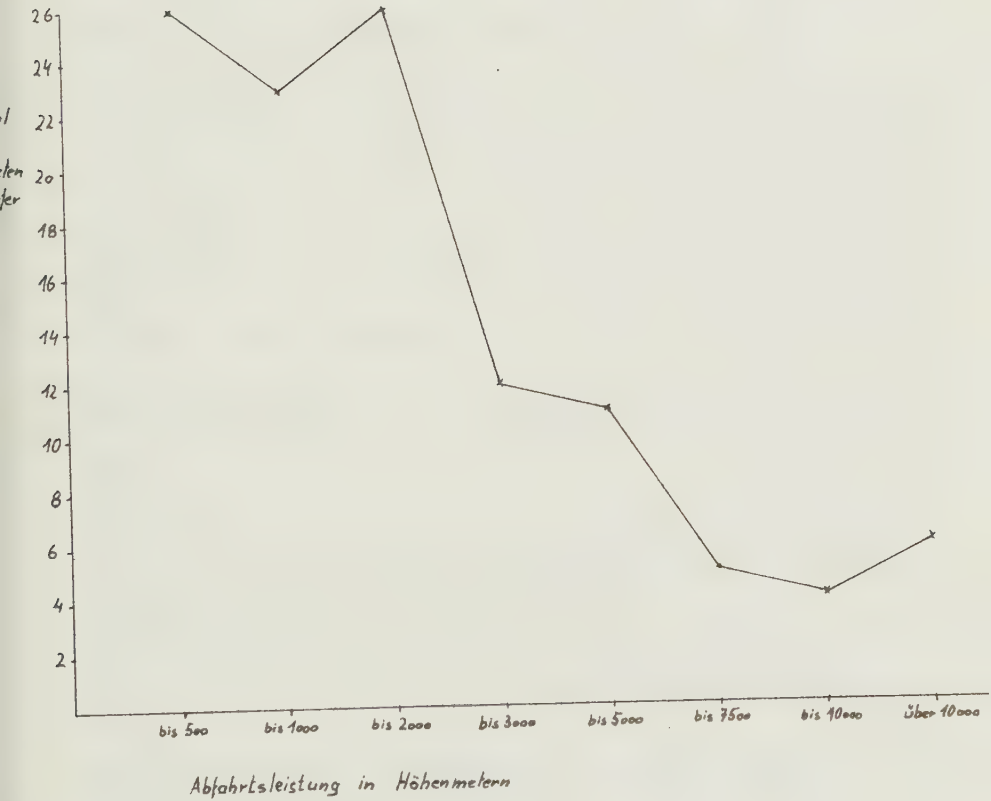
unter 6 Std.	6 - 8 Std.	8 - 10 Std.	10 Std. und mehr
7 %	35 %	47 %	11 %

Tab. V: Höhenlage der Unfallstelle



Verteilung der Skiunfälle auf die Höhenlage der Unfallstelle. Die Anhäufung der Unfälle in einer Höhe zwischen 1000 m und 2000 m hängt mit der Höhenlage der Skigebiete zusammen, die von München aus gut zu erreichen sind.

Tab. VI: Abfahrtsleistung am Unfalltag in Höhenmetern



Anzahl der verunfallten Skiläufer in Beziehung zur jeweiligen Abfahrtsleistung des Skifahrers am Unfalltag.

Sportausübung

Diese Ermüdungserscheinungen lassen sich durch regelmäßiges sportliches Training herabsetzen. Eine bessere Kondition verhindert außerdem das Nachlassen der Konzentration, so daß Fahrfehler irgendwelcher Art noch korrigiert werden können, bevor es zum Sturz kommt. Sollte trotzdem ein Sturz eintreten, fängt eine kräftige Muskulatur einen großen Teil der auf die Knochen einwirkenden Energie ab und leitet sie auf die Skibindung über. Den Zusammenhang zwischen Skiunfall und Kondition zeigt KRAUS in einer statistischen Untersuchung an zwei Beispielen (4): "Ein New Yorker Skiklub führte während 2 Jahren in der Vorsaison ein Konditionstraining durch. In dieser Zeit zogen sich an 500 Skitagen lediglich 2 Personen Verstauchungen zu. Nach Aufgabe des Trainings kam es im folgenden Jahr zu 3 Knochenbrüchen." - "In einer Schule in Lake Placid, die kein Vortraining durchführte, kam es bei 50 Kindern während insgesamt 5000 Skistunden zu 7 Brüchen und 7 Zerrungen. Nach Einführung eines Vortrainings erlitten noch 2 Knaben, die nicht am Training teilgenommen hatten, Beinbrüche."

Über die Sicherheit beim Skifahren im Verhältnis zum Trainingszustand des Skiläufers, stellt G. SCHÖNHOLZER die Frage: (6)

"Was kann nun ein guter Fitnesszustand seinerseits zur Gewährleistung der Sicherheit beim Skifahren beitragen? Ein vernünftiger Trainingszustand im Rahmen der Fitness bedeutet unter anderem ein Hinausschieben der Ermüdungs- und Erschöpfungsgrenzen. Es ist aus der Praxis wohlbekannt, in welchem Ausmaß die Ermüdung den Unfall begünstigt. Sie führt zu einer zunehmenden Entautomatisierung der eingespielten Bewegungstereotypen und damit zur Häufung von technischen Fehlern mit allen ihren Folgen. Das Oberbewußtsein wird in zunehmendem Maß zur Kontrolle der sonst automatisierten Vorgänge herangezogen und steht nicht mehr relativ unbelastet als oberste Kontrolle zur Verfügung, die sich z. B. hauptsächlich mit der Taktik der Abfahrt befaßt, nicht aber mit technischen Einzelheiten. Daß die Unfallgefahr dabei zunehmen muß, ist offensichtlich. Folgerung: Guter allgemeiner Trainingszustand, saubere Technik eingeschlossen, er-

höht die Sicherheit beim Skifahren erheblich."

Ergänzend dazu stellte U. WEBER einen Grundsatz auf: (2)

"Die Fitness (Kondition) bildet die Voraussetzung, den Skisport mit Freude und Genuß ausüben zu können. Wer glaubt, Skisport zu betreiben, um fit zu werden, ist falsch beraten!"

Dank der "Trimm dich fit"-Aktionen wuchs das sportliche Interesse in der Bevölkerung in den letzten Jahren. So gaben 60 % der befragten Patienten an, sich öfter sportlich zu betätigen. 30 % dieser Personengruppe pflegten mehrere Sportarten, wobei das Hauptinteresse mit 85 % beim Schwimmen lag. Das Turnen und Bergsteigen, bzw. Bergwandern folgten mit jeweils 45 %. Trotzdem betrieben nur 35 % der verunglückten Skiläufer laufend Sport, wovon noch 5 % Leistungssportler waren.

Für diejenigen Personen, die ihre Muskulatur speziell auf das Skilaufen vorbereiten wollen, wurde die Skigymnastik eingeführt. Hierbei werden Bewegungsabläufe des Körpers, wie sie beim Skifahren auftreten, in der Turnhalle oder im Zimmer trainiert. Obwohl solche Skigymnastikstunden auch im Fernsehen übertragen werden, hatten sich nur 20 % der Patienten durch Skigymnastik auf das Skifahren vorbereitet.

Um sich selbst und unabhängig von Gruppen und Vereinen auf das Skifahren vorzubereiten, gibt U. WEBER folgende Trainingsanleitung: (2)

- Die Übungsintensität (Belastung) soll dem individuellen Leistungsvermögen (Trainingszustand) angepaßt werden.
- Jede Übung soll zielgerichtet sein (Ski)!
- Versuche, die Übungen skitechnisch richtig auszuführen (z. B. Bein- und Fußstellung, Körper- und Armhaltung).
- Beachte das Prinzip der Spannung und Entspannung (Rhythmus).
- Trainiere und verbessere damit vorab Deine Schwächen (z. B. Beweglichkeit).

- Trainiere regelmäßig, wenn möglich täglich. Ein tägliches Training, während kurzer Zeit (15 - 20 Minuten) ist besser und lohnender, als ein einmaliges, ermüdendes Training pro Woche.
- Stelle Dir ein buntgemischtes Programm zusammen, indem vor allem Dehn- und Kräftigungsübungen, Gleichgewichts- und Laufübungen enthalten sind.
- Die Übungen können im Zimmer (bei offenem Fenster), in der Turnhalle oder, was sehr zu empfehlen ist, im Gelände (offener Wald mit weichem Boden) ausgeführt werden.

Bemerkenswert ist die Tatsache, daß 65 % der verunglückten Personen, die kein sportliches Training hinter sich hatten, schon auf den ersten 1000 Höhenmetern stürzten.

Alkoholgenuß innerhalb der letzten 24 Stunden vor dem Unfall

Das Nachlassen der Reaktionsgeschwindigkeit durch den Genuß alkoholischer Getränke ist allgemein bekannt. Außerdem tritt noch eine Störung des Gleichgewichtssinnes ein. Auf die Psyche wirkt der Alkohol enthemmend, wodurch der Skiläufer sein Können überschätzt und leichtsinnig wird.

Insgesamt tranken 39 % der untersuchten Personen vor dem Unfall Alkohol, davon 69 % am Abend zuvor. Mit Sicherheit kann gesagt werden, daß bei wenigstens 7 % der verunglückten Skiläufer übermäßiger Alkoholgenuß den Sturz beeinflußt hat.

Die Pflege des Skibelags, der Kanten und der Bindung

Von einem guten Ski verlangt man heute optimale Fahreigenschaften. (7)
Nach P. BERNETT sollen die Skier im weichen Schnee leicht drehen und auf harter Piste greifen, also einen großen Schneebereich erfassen.
Dieses Qualitätsmerkmal bleibt aber nur erhalten, wenn der Ski gepflegt wird. So läßt sich ein Ski mit stumpfen oder defekten Kanten auf eisiger Piste kaum mehr beherrschen. Ebenso bremst eine defekte Lauffläche auf

Pappschnee unkontrollierbar ab. 60 % der Patienten gaben an, die Lauf-
fläche ihrer Ski weder ausgebessert noch gewachst zu haben und 65 % hatten
die Kanten niemals nachschleifen lassen. Nach Überprüfung der Ski der
Patienten stellte sich heraus, daß bei nur 38 % der Ski die Lauffläche und die
Stahlkanten noch in Ordnung waren.

Aber auch die Skibindung benötigt Pflege, da sie einer ständigen Ab-
nutzung durch Korrosion und Abnutzung unterliegt. Außerdem sollte man
sich nicht auf die einmal eingestellten Werte der Sicherheitsbindung ver-
lassen, sondern sie jedes Jahr neu überprüfen und eventuell nachstellen
lassen. 60 % der verunfallten Patienten hatten auf jegliche Pflege der Ski-
bindung verzichtet.

Das Können der Skifahrer

Über das technische Können in Beziehung zum Unfallrisiko schreibt

K. GAMMA: (8)

"Die allgemeinen Erfahrungen auf dem Gebiet der Ski-Ausbildung gehen eindeutig dahin, daß das Unfallrisiko weit weniger von der Skitechnik an sich als vom persönlichen Können des Skifahrers und einer beherrschten Fahrweise abhängt, die den eigenen Fähigkeiten und den äußeren Verhältnissen angepaßt wird."

Bei unserer Untersuchung bezeichneten sich 65 % der Patienten als gute und sehr gute Skifahrer. Der Grund hierfür dürfte die Überschätzung des eigenen Könnens, verbunden mit einer leichtsinnigen und schnellen Fahrweise sein. H. MAURER mahnt in einem Artikel über Skitechnik und Skiunfall: (9)

"Vorerst sei jedoch mit Nachdruck auf die Erfahrung hingewiesen, daß jene vielen Durchschnittsfahrer, die sich durch Abschauen und Nachahmung eine "Haus-, Hof- und Wiesentechnik" zugelegt haben, die bewegungsmäßig in keiner Weise durchgeformt ist, besonders unfallgefährdet sind und außerdem durch ihr häufiges Hasardieren in hohem Maße andere Skiläufer gefährden."

Die relativ geringe Anzahl der verletzten Anfänger von nur 10 % läßt sich einmal dadurch erklären, daß ein Anfänger mit seiner Pflugfahrweise langsam fährt und sehr schnell fortgeschrittenere Stilarten, wie Stemmschwung und Parallelschwung erlernt, zum anderen verwenden Anfänger heute zum Teil Kurzski. Durch den verkürzten Hebelarm des Skis zum Bein vermindern sich bei einem Sturz auch dementsprechend die über den Ski auf das Bein einwirkenden Kräfte.

Tab. VII Das Können der Skifahrer

Pflug	Stemmschwung	Parallelschwung	Kurzschwung
10 %	25 %	35 %	30 %

Die Skierfahrung der Skifahrer in Jahren

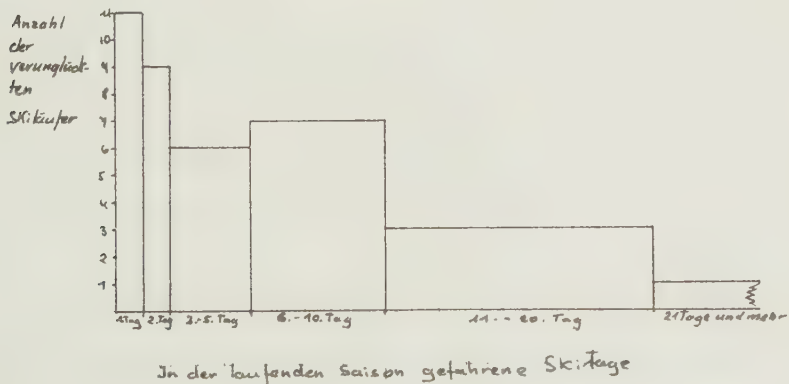
Die Schwierigkeiten, mit denen ein Skifahrer als Anfänger fertig werden muß, sind sehr vielfältig. Er muß das Spiel mit dem Schwerpunkt erlernen, sich dabei gleichzeitig auf Bodenunebenheiten und Schneebeschaffenheit einstellen. Das Kurvenfahren, das Anhalten und der Umgang mit den Stöcken werden am Anfang immer problematisch sein. Erst im Laufe der Jahre geben ihm Erfahrung und Routine mehr Sicherheit.

Tab. VIII a: Skierfahrung

1. Jahr	2. Jahr	bis 5 J.	bis 10 J.	bis 20 J.	über 20 J.
15 %	10 %	20 %	20 %	20 %	15 %

Aufteilung der verunglückten Skiläufer in deren Skierfahrung in Jahren.

Aber auch ein erfahrener und guter Skiläufer muß sich am Anfang jeder Skisaison erst einmal mit den winterlichen Verhältnissen vertraut machen. Er benötigt eine gewisse Zeit, um die Beweglichkeit seines Körpers auf das Skifahren einzustellen.



Tab. VIII b:

Abhängigkeit der Skiunfälle von den in der laufenden Saison gefahrenen Skitagen. Eine Häufung der Unfälle in den ersten zwei Tagen der Saison zeigen, daß eine gewisse Eingewöhnungszeit benötigt wird.

Unfallkleidung, Lufttemperatur und Aufstiegshilfen

Die Leistungsfähigkeit der Muskulatur wird durch die Außentemperatur beeinflusst. Höchstleistungen vollbringt ein Muskel bei einer Muskeltemperatur, die über der Kerntemperatur des Körpers liegt. KEIDEL schreibt: (5)

"Unter Ruhebedingungen beträgt die Muskeltemperatur im Behaglichkeitsbereich 34°C , im kalten Klima noch weniger. Beginnt der Muskel zu arbeiten, so wird die produzierte Wärme zunächst in den Muskeln gespeichert. Die Temperatur stellt sich je nach Leistung auf Werte ein, die über der Kerntemperatur des Körpers liegen können. Diese Temperatur ist für die maximale Leistungsfähigkeit des Körpers wichtig, da bis 41°C Muskeltemperatur die Leistungsfähigkeit für Höchstleistungen zunimmt."

Solange ein Skifahrer in Bewegung ist und sich durch geeignete Kleidung gegen die Kälte schützt, kann sich die Muskeltemperatur durch die verschiedenen wärmeerzeugenden, chemisch-physikalischen Prozesse, wie sie bei der Kontraktion der Muskulatur auftreten, über der Kerntemperatur halten. Erfolgt aber eine Ruhepause, sinkt die Muskeltemperatur in Abhängigkeit, der sie umgebenden Temperatur bis unter die Kerntemperatur des Körpers ab. Solche Ruhepausen ergeben sich durch die Wartezeiten an den Liftstationen und durch die Beförderung der verschiedenen Liftarten. Am größten ist die Abkühlung auf Sesselliften ohne Wärmeschutz. Erfolgt anschließend an solche Ruhepausen keine Erwärmung der Muskulatur durch Bewegung, ist der Muskel bei einem eventuellen Sturz nicht mehr in der Lage, die auf den Knochen einwirkende Energie abzufangen und der Gefahr einer Verletzung zu begegnen. Nur eine der Lufttemperatur angepaßte Bekleidung vermag das Abkühlen der Muskulatur zu vermeiden. Die Kleidung wurde von 46 % der verletzten Skiläufer mit warm angegeben, 53 % waren der Lufttemperatur entsprechend normal angezogen und 1 % zu kühl.

Eine dick gefütterte Kleidung besitzt neben seiner wärmenden Wirkung außerdem noch den Vorteil, den Aufschlag bei einem Sturz abzubremsen und so einer Verletzung entgegenzuwirken. Das Material, aus dem die Skikleidung hergestellt ist, sollte eine strukturierte und keine glatte Oberfläche besitzen, damit ein Abrutschen am Hang nach einem Sturz vermieden wird. Wie groß die Gefahr einer Kleidung mit glatter Oberfläche ist, beschreibt P. BERNETT: (7)

"Versuche hatten ergeben, daß Stoffe mit glatter Oberfläche gegenüber solchen mit rauher eine bis zu mehr als zehnfach größere Rutschstrecke erbringen. Unter 42 Rutsch-Unfällen fanden sich je 2 Brüche des Oberarms, Unterarms und Unterschenkels und einer des Oberschenkels. Diese Unfälle hatten sich keineswegs nur bei hoher Geschwindigkeit (50 %), am eisigen Hang (41 %) oder im Steilgelände (21 %) ereignet."

In einem anderen Artikel über "Die Gefährdung der Skifahrer durch eine Bekleidung mit glatten Stoffen" schreibt K. WEGMÜLLER: (10)

"Die Rutschdistanzen von weit über 200 m für Versuchssäcke aus glatten Stoffen und für Versuchspersonen mit Kleidern aus diesen Materialien waren unter den damaligen Bedingungen drei- bis viermal größer als bei entsprechenden Versuchen mit strukturierten Geweben. Besonders bedenklich sind die ausnahmslos festgestellten hohen Geschwindigkeiten, die es dem Skifahrer, der nach einem Sturz am Steilhang ins Rutschen geraten ist, wesentlich erschweren, die unfreiwillige Fahrt wirksam abzubremsen." Er folgert weiter:

"Skijacken und Starterhosen aus strukturierten Geweben sind Bekleidungen aus glatten Stoffen hinsichtlich der Bremswirkung bei Stürzen mit nachfolgendem Abrutschen weit überlegen. Unter Berufung auf diese Erfahrung sollte der Skifahrer beim Kauf einer neuen Skibekleidung ausdrücklich nach Artikeln aus strukturierten Geweben verlangen.

Mit Erfolg wurden in den Versuchen Netzgilets erprobt, die über den glatten Skijacken getragen werden. Die Benützung eines Netzgilets verminderte die Rutschfähigkeit erheblich, die Bremswirkung ist mindestens so groß, wie bei Skikleidern aus strukturierten Geweben.

Mit 'Spikes-Streifen', die an bestimmten Stellen der Skikleidung ange-
näht werden, kann ebenfalls eine gewisse Bremswirkung erzielt werden."

In unserer Untersuchung gaben nur 4 % der Patienten an, daß die Kleidung
den Sturz abgebremst hat.

Die Lufttemperatur war im Augenblick des Unfalls bei 1 % der Patienten
zwischen -10°C und -20°C , von 51 % der Patienten wurde eine Tempera-
tur zwischen 0°C und -10°C angegeben, von 42 % zwischen 0°C und
 $+10^{\circ}\text{C}$ und bei 6 % der Patienten lag eine Lufttemperatur zwischen
 $+10^{\circ}\text{C}$ und $+20^{\circ}\text{C}$ vor.

Von den verunfallten Personen benutzten 31 % einen Sessellift, ohne Wärme-
schutz und 2 % mit Wärmeschutz. 55 % ließen sich vor dem Unfall mit
einem Schleplift und 12 % mit einer Gondel befördern. 4 % der Patienten
benutzten keine Aufstiegshilfe.

Sicht

Das Unfallrisiko wird auch durch schlechte Sichtverhältnisse erheblich er-
höht. Bei diffusem Licht können Bodenwellen und Hindernisse nur noch
schwer oder zu spät erkannt werden. Bei Nebel oder Schneetreiben wird das
Wahrnehmen solcher Bodenunebenheiten und das Erkennen der Piste fast
unmöglich. Bei diesen schlechten Sichtverhältnissen stürzten 19 % der ver-
letzten Skiläufer.

11 % stürzten bei Schneetreiben

4 % stürzten bei Nebel

4 % stürzten bei diffusem Licht.

Neben dieser Untersuchung, bei der nur die einfachen Wetterfaktoren be-
rücksichtigt wurden, gibt es von P. BERNETT und W. MANG eine Arbeit

über "Wetterfähigkeit und Unfallgefahr". Zusammengefaßt wurde dabei folgendes gesagt: (11)

"Die Zunahme der Sportunfälle hat zu weitreichenden Anstrengungen geführt, das Unfallrisiko herabzusetzen. Im Zuge eines Ursachenforschungs-Programms haben wir uns auch auf das Grenzgebiet der Medizinmeteorologie begeben und geprüft, welche Bedeutung dem Wetter bei Sportverletzungen zukommt. Hier interessieren weniger die trivialen Wetterfaktoren (schlechte Sicht, Niederschläge, Nässe, Kälte), sondern mehr die sog. Biotropie des Wetters, welche sich in einer biogenen Belastung des Organismus durch bestimmte atmosphärische Vorgänge äußert.

UNGEHEUER und BREZOWSKY haben ein Schema der "Wetterphasen" (WPH) erarbeitet und damit eine praktische brauchbare Einteilung geschaffen, welche ablaufende Wettervorgänge in Gruppen zusammenfaßt (Abb. 1). Sie kommen so zu einem idealen Wetterablauf, der von der Periode des Hochdrucks über den Wetterumschlag bis zur folgenden Wetterberuhigung reicht. Ein wesentlicher Faktor dieser Einteilung ist das Temperatur-Feuchte-Milieu.

Sie unterscheiden biologisch günstige und ungünstige WPHs. Bei den biologisch günstigen handelt es sich um sog. eigenbürtiges Wetter mit ausgeprägter Periodik eines Strahlungstages: Es herrscht ein Normalmaß an biotropen Reizen zur optimalen Aufrechterhaltung der Lebensvorgänge. Das Merkmal biologisch ungünstiger WPH ist die Zufuhr fremder Luftmassen, welche die Periodik der meteorologischen Elemente zerstört. Durch die Advektion wird die Reizstärke erhöht und es kommt im statistischen Mittel zu einer Vermehrung der Empfindungsstörungen. Als besondere biotrope Belastung für den Organismus hat sich die Wettersituation des aufziehenden Tiefdruckgebietes erwiesen.

Wir untersuchten von 1965 - 1969 insgesamt 5430 Sportverletzungen auf ihre Wetterabhängigkeit.

Abweichungen vom Erwartungswert mit einer Verminderung der Skiunfälle zeigen sich bei den WPH 1, 3 A, 56 und besonders bei 6 z (Abb. 2).

Häufungen traten auf bei den WPH 2, 3 F und 4. Bei aufkommendem Wetterumschlag war dieser Wert zu erwarten, da mit der Advektion fremder

Luftmassen durch ein heranziehendes Tief eine biotrope Belastung erwiesen ist. Die überraschende Häufung der Unfälle bei der biologisch günstigen WPH 2 ist zunächst nicht ohne weiteres erklärbar. Eine Stichprobenbefragung der bei diesen WPH Verletzten zeigte jedoch, daß hier psychische Faktoren eine wichtige Rolle spielen. Die Unfälle hatten sich ganz vorwiegend bei hoher Geschwindigkeit oder riskanter Fahrweise ereignet. Das übersteigerte Schönwetter dieser Phase wirkt sich offensichtlich vitalisierend und verführt damit zu einer risikoreicheren Sportausübung. "

Die nachfolgenden Abbildungen geben einen Aufschluß über die psychische Beeinflussung der verschiedenen Wetterphasen.

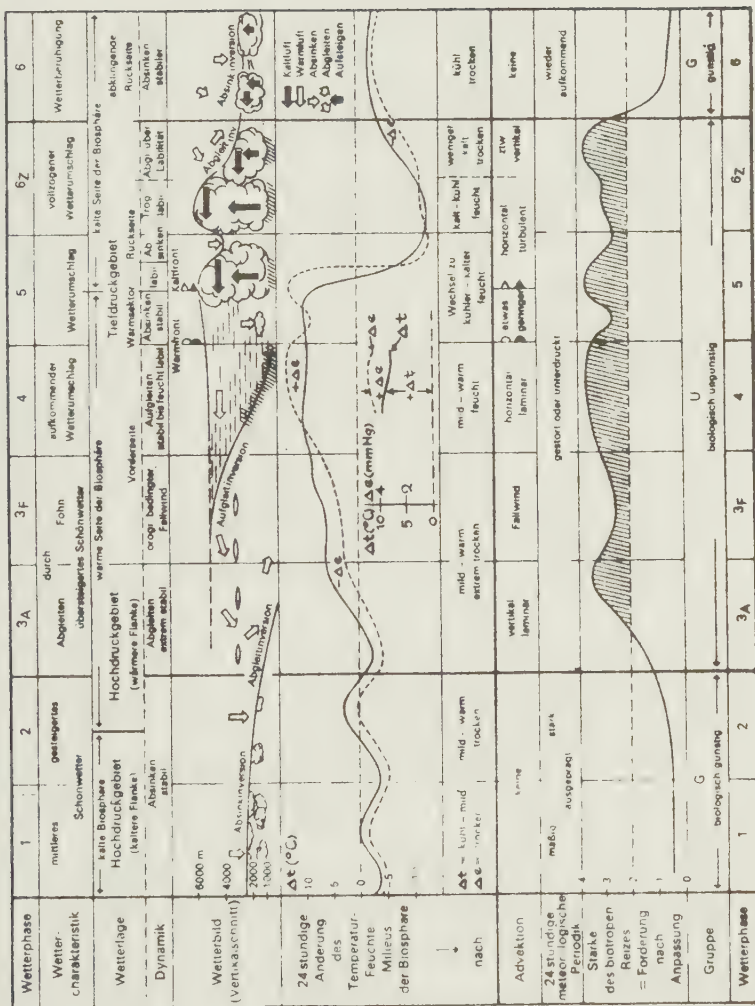


Abb. 1

Medizinisch-meteorologisches Arbeitsschema. (11)

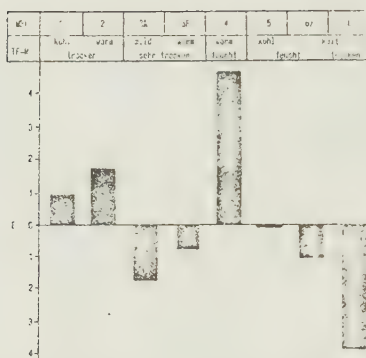


Abb. 6. Abhängigkeit schwerer Skifälle von den Wetterphasen. Über zufällige Häufung der Verletzungen besonders beim Wetterwechsel durch aufkommendes Tief als Ausdruck der meteorologisch-biologischen Belastung

(11)

Unfall auf Piste

Der Einzug der Technik in die Winterskigebiete und das Verlangen der Skiläufer nach Bequemlichkeit, bedingte den Ausbau der Skihänge mit Gondelbahnen, Sesselliften und Schlepliften. Dazu kam die Abkehr von der individuellen Abfahrt zur vorpräparierten Piste. So verwundert es nicht, daß sich 96 % aller Skiunfälle auf der Piste ereigneten. Ein Skifahrer verunglückte auf einer Eisplatte im Schleplift, ein anderer auf einem eisigen Hohlweg und drei Skifahrer auf einer individuellen Abfahrt im Tiefschnee.

Der Vorteil der präparierten Piste liegt darin, daß es keine schneeverwehten Mulden gibt und selbst nach starken Schneefällen durch das Walzen der Piste, die Schneetiefe, in der der Ski einsinkt, nicht zu groß wird. Auf der anderen Seite kann es als Nachteil angesehen werden, daß die Schneedecken der Pisten schneller abgefahren werden und der Pistenrand meistens andere Schneequalitäten und Schneehöhen wie die Piste selbst aufweist. 11 % der verunglückten Patienten gaben an, in dem vom Tiefschnee begrenzten Pistenrand stecken geblieben und gestürzt zu sein. Bei 12 % ereignete sich der Sturz dadurch, daß sie auf der Piste in einer Schneemulde stecken blieben und 6 % fuhren in einen Schneehügel. 7 % rutschten auf einer Eisplatte weg und bei 4 % verding sich der Ski in einer Spur, aus der sie den Ski nicht mehr befreien konnten.

Insgesamt ereigneten sich 58 % auf weicher Piste

31 % auf harter und festgefahrener Piste

7 % auf eisiger Piste.

Unfall im Tiefschnee

Das Fahren im Tiefschnee stellt besondere Anforderungen an den Skiläufer in Beziehung auf das fahrerische Können und die Kondition, und dies um so mehr, je tiefer, älter und schwerer der Tiefschnee ist. Sollte es zum Sturz kommen, besteht außerdem noch die Gefahr, daß die Ski durch den Schnee fixiert werden.

Tab. IX

Unfall im Tiefschnee

Unfall auf harter Schneedecke	82 %
im frischen Tiefschnee bis 10 cm	4 %
im alten Tiefschnee bis 10 cm	1 %
im frischen Tiefschnee bis 20 cm	6 %
im alten Tiefschnee bis 20 cm	2 %
im frischen Tiefschnee bis 30 cm	3 %
im alten Tiefschnee bis 30 cm	1 %
im frischen Tiefschnee bis 40 cm	1 %
im alten Tiefschnee bis 40 cm	0 %

Schneequalität

Bei den verschiedenen, temperaturabhängigen Schneearten sind der Pulverschnee und der Firn bei den Skifahrern am beliebtesten. Sie sind speziell für den Anfänger sehr geeignet, aber auch der fortgeschrittene Skifahrer schätzt diese Schneequalitäten, um seinen Fahrstil zu verbessern oder andere Stilarten zu erlernen. Diese Tatsachen machen verständlich, daß bei Pulverschnee 39 % und bei Firn 13 % der untersuchten Personen verunglückten. Bei Harsch wird das Skifahren problematischer. Durch die fast eisige Qualität des Schnees wird der Ski sehr schnell und bei den Bögen oder Schwüngen rutscht der Ski weiter seitlich weg, wie man es von den anderen Schneearten gewöhnt ist, besonders dann, wenn die Stahlkanten schon sehr abgefahren sind. Kommt es in einem steileren Gelände zum Sturz, besteht die Gefahr einer Verletzung durch eine lange Rutschstrecke. Zwar wurde dieser Gefahrenpunkt in der letzten Zeit durch rutschfeste Kleidung gemindert, doch vermochte die Kleidung bei 63 % der Patienten, die bei Harsch verunglückten, das Rutschen nach dem Sturz nicht zu bremsen. Noch schwieriger wird das Skifahren bei dem seltener vorkommenden Bruchharsch. Gerät ein Skifahrer in die aus Harschstollen und Harschbrocken bestehende Schneeart, kostet eine genau Skiführung viel Kraft und Können. Da die Schwierigkeiten beim Fahren im Bruchharsch bekannt sind, wird diese Schneeart weitgehendst gemieden. Die Gefahr besteht jedoch darin, von einer anderen Schneeart plötzlich in Bruchharsch auf einer Abfahrt zu geraten. Auch der Pappschnee stellt größere Anforderungen an den Skiläufer, besonders dann, wenn man beim Fahren von einer anderen Schneequalität in diesen Schnee fährt. Der Pappschnee bremst dabei stark ab. Etwas stärker bremsend auf die Ski wirkt der Sulzschnee. Er wird dann gefährlich, wenn seine Tiefe groß wird. Bei der Schwere des Schnees benötigt ein Skifahrer sehr viel Kraft, um diese Schneeart zu beherrschen.

Tab. X

Schneequalität

Unfall im Pulverschnee	39 %
Unfall im Pappschnee	14 %
Unfall im Firn	13 %
Unfall im Harsch	14 %
Unfall im Bruchharsch	4 %
Unfall im Sulzschnee	16 %

Geländeneigung

Die Formation des Gebirges bietet eine breite Skala verschieden schwerer Abfahrten. Es sind viele Seilbahnen und Liftstationen dazu übergegangen, den Schwierigkeitsgrad der Abfahrtsstrecken anzugeben. Trotz dieser Tatsachen verunglücken 31 % der verletzten Anfänger am Steilhang.

Tab. XI

Geländeneigung

Am Steilhang verunglückten	14 %
in mäßig steilem Gelände verunglückten	54 %
in kaum geneigtem Gelände verunglückten	28 %
in der Ebene verunglückten	4 %

Geländebeschaffenheit und Fahrweise

Da die Fahrweise dem Können des einzelnen Skiläufers der Geländebeschaffenheit entsprechend angepaßt sein sollte, liegen die Unfallursachen weniger an der Art des Geländes, als vielmehr an der Überschätzung seiner Kondition und seines fahrerischen Könnens.

Ein Sturz im Stand ereignet sich entweder durch das Wegrutschen der Ski, durch falsche Gewichtsverlagerung oder Umgefahrenwerden. Die prozentuale Verteilung der Unfälle, die sich während des Stemmbogens, eines Schwungs oder beim Wedeln ereigneten, dürfte dem allgemeinen Können der Skiläufer entsprechend verteilt sein. Wie gefährlich das Fahren im Schuß ist, beweist die hohe Anzahl der Skiläufer, die während einer Schußfahrt stürzten und sich verletzten. Eine Schußfahrt erfordert viel Kraft, um die meist aus Wellen bestehende Piste zu bewältigen. Dazu kommt die Gefahr einen anderen Skifahrer anzufahren, der in Bögen oder Schwüngen abfährt.

Während eine aus großen Wellen bestehende Piste mit Schwüngen und Bögen befahren wird, fährt man über kleine Wellen hinweg und federt dabei die kurzen Wellen mit den Beinen ab. Durch falsche Gewichtsverlagerung, durch Verkanten der Ski oder durch ungenügende Kondition kann es dabei zum Sturz kommen. Eine glatte Bahn dagegen verführt zum Schnellfahren. Aber gerade das schnelle Fahren mit den Skiern erfordert äußerste Konzentration, eine gute Kondition und großes fahrerisches Können. Geringste Fahrfehler, wie z. B. das Verkanten der Ski, oder das Übersehen eines Hindernisses können zum Sturz führen. Auch das Nichtbeachten eines anderen Skifahrers, der die Abfahrt kreuzt, kann zum Unfall führen. Sei es durch ein mißglücktes Ausweichmanöver oder durch einen Zusammenstoß. Außerdem benutzen viele Anfänger eine glatte Piste, um das Skifahren zu erlernen, fortgeschrittene Skifahrer versuchen hier ihren Fahrstil zu verbessern oder andere Stilarten zu erlernen.

Tab. XII

Geländebeschaffenheit

31 % stürzten auf glatter Bahn
42 % stürzten auf kurzen Wellen
27 % stürzten auf großen Wellen

Tab. XIII

Fahrweise

4 % stürzten im Stand
14 % stürzten im Stemmen
45 % stürzten im Schwung
2 % stürzten beim Wedeln
35 % stürzten im Schuß

Fahrtgeschwindigkeit

Die Geschwindigkeit des Skifahrers wirkt sich insofern auf das Unfallrisiko aus, als sich bei größerer Fahrtgeschwindigkeit kleinste Fahrfehler stärker bemerkbar machen und nicht mehr so schnell korrigiert werden können. Oft entsteht, besonders bei ungeübten Skiläufern, eine schnelle Geschwindigkeit dadurch, daß ein Fahrfehler in langsamer Geschwindigkeit falsch korrigiert worden ist. Der Skifahrer fährt aus Angst kopflos darauf zu und verkrapft sich, bis ein Sturz seine Fahrt beendet. So fuhren 25 % der Anfänger schnell und sehr schnell, als der Unfall passierte.

Tab. XIV

Fahrtgeschwindigkeit

4 % stürzten im Stand
3 % stürzten im Schrittempo
30 % stürzten in langsamer Fahrt
41 % stürzten in mittelschneller Fahrt
18 % stürzten in schneller Fahrt
4 % stürzten in sehr schneller Fahrt

Körperhaltung

Normalerweise liegt die Körperhaltung während des Skifahrens in der Vorlage. Stürzt ein Skifahrer in dieser Körperhaltung, so fällt er entweder nach vorn oder zur Seite, oder der Sturz erfolgt innerhalb einer Drehbewegung.

In seltenen Fällen, wie zum Beispiel beim Jet-Schwung oder beim Übergang in bremsende Schneearten, besteht die Körperhaltung in der Rücklage. Auch ein in der Vorlage fahrender Skifahrer kann durch Fahrfehler, mit daraus resultierender Rückverlagerung des Schwerpunkts in die Rücklage kommen. Dadurch wird die Fahrtgeschwindigkeit erhöht und das Korrigieren der Skiführung erschwert. Der Sturz kann dabei nach rückwärts, als auch zur Seite und als Drehsturz erfolgen.

Eine auf dem Rücken befindliche Last kann die Rückverlagerung des Schwerpunkts begünstigen, außerdem wird die Bewegungsfreiheit dabei eingeschränkt. 2 % der untersuchten Personen fuhren mit einem Rucksack.

Körperhaltung

82 % der Patienten stürzten in der Vorlage

18 % der Patienten stürzten in der Rücklage

Sturzart

42 % der Patienten stürzten frontal

29 % der Patienten stürzten seitlich

25 % der Patienten stürzten in einer Drehbewegung,
die sich aus einem Vorwärts-, und Seitwärts-
sturz zusammensetzte

4 % der Patienten stürzten rückwärts

Verletzungsart

Erleidet ein Skifahrer durch einen Sturz eine Verletzung, kann diese Verletzung dadurch entstehen, daß die über den Ski auf das Bein einwirkenden Kräfte, ohne sofortiges Öffnen der Sicherheitsbindung, größer sind, als die Bruchgrenze des Knochens, und somit ein Beinbruch erfolgt. Ein Teil, der auf die Knochen einwirkenden Kräfte kann dadurch abgefangen werden, daß der Skifahrer seine Muskulatur anspannt und versucht, die Endstellung der Gelenke zu verhindern. Von dieser Möglichkeit machten 65 % der Patienten Gebrauch, ohne aber die Verletzung vermeiden zu können. Diese indirekte Verletzung trat bei 96 % der untersuchten Patienten auf. 4 % der Patienten erlitten eine direkte Verletzung, d. h. diese Skifahrer verletzten sich beim Sturz durch den Aufprall. Außerdem kann sich ein Skifahrer noch dadurch verletzen, daß er beim Sturz auf die Skifällt. Der Ski kann also auch den Skifahrer im Sturz, nach dem Öffnen der Sicherheitsbindung, verletzen. Diese Verletzung entsteht durch den Schleudereffekt des Skis, der durch den Fangriemen entsteht. 2 % der untersuchten Skiläufer verletzten sich mit der Stahlkante und 5 % mit der Skispitze. Nach unseren Untersuchungen hatte sich kein Skiläufer mit den Stöcken verletzt.

Die unmittelbaren Ursachen des Skiunfalls

Die unmittelbaren Ursachen, die zum Skiunfall führten, entstanden hauptsächlich aus Fahrfehlern, wie das Verkanten oder Verreißen der Skier. Ebenso kann als Fahrfehler das Wegrutschen der Skier oder eine unsichere Skiführung, die das Kreuzen der Skier oder das Auffahren auf Hindernisse zur Folge haben kann, angesehen werden.

Über die Ursache des Unfalls und der daraus entstehenden Verletzungen, schreibt H. MAURER: (9)

"Die meisten Fahrfehler, die unmittelbar Stürze auslösen oder Unfälle

verursachen können, sind Bewegungen bei versteiftem Körper oder bei Extremstellungen der Gelenke".

Somit wird auch verständlich, daß durch eine verkrampfte Körperhaltung mehrere Fahrfehler auf einmal gemacht werden können. (9)

"Aus diesen Erfahrungen", schreibt H. MAURER weiter, "wird der Schluß gezogen, daß federnde Gelenke in Mittelstellung die beste Gewähr dafür bieten, daß endogene oder exogene Störungskräfte, deren Ausmaß die körperliche Widerstandskraft oft um ein Vielfaches übertrifft, durch nachgebende Bewegung entschräft werden."

Es gaben 33 % der Patienten an, daß sie ihre Ski verkantet hatten. Bei 28 % erfolgte der Unfall, nachdem sich die Ski gekreuzt hatten, wobei bei 22 % der eine Ski durch den anderen fixiert worden war. 17 % der verunglückten Personen verrissen die Ski und bei 16 % rutschten die Ski weg. 10 % gaben an, auf ein Hindernis, wie Schneehügel, Sträucher oder Felsen aufzufahren zu sein. Bei 31 % blieb der Ski im Schnee stecken und bei 12 % in anderen Hindernissen, wie Wurzeln, Moos und Felsbrocken. 3 % stießen mit anderen Skifahrern zusammen und 10 % stürzten beim Ausweichen anderer Skifahrer. Bei 3 % der untersuchten Patienten entstand der Sturz dadurch, daß sich während der Fahrt die Sicherheitsbindung öffnete.

Skilänge

Die Skilänge sollte, in Abhängigkeit von der Körpergröße, dem Können entsprechend so kurz als möglich und so lang als nötig gewählt werden. Die Vorteile des kurzen Skis liegen beim Fahren in der leichten Drehfähigkeit des Skis. Dazu kommt noch die, von E. ASSANG (12) beschriebene Erkenntnis:

"Inzwischen wissen wir aus telemetrischen Messungen (Vogel), daß man bei einer Abfahrt etwa 15 % Kraft bei je 10 % Skiverkürzung einspart (ausgehend von einem 2,10 m langen Ski); diese Kraftverminderung durch Verkürzung des Hebelarms gilt gleichermaßen beim Sturz für die auf das Bein von der Unterlage her wirkenden Verzögerungs- bzw. Hemm- oder Haltekraft."

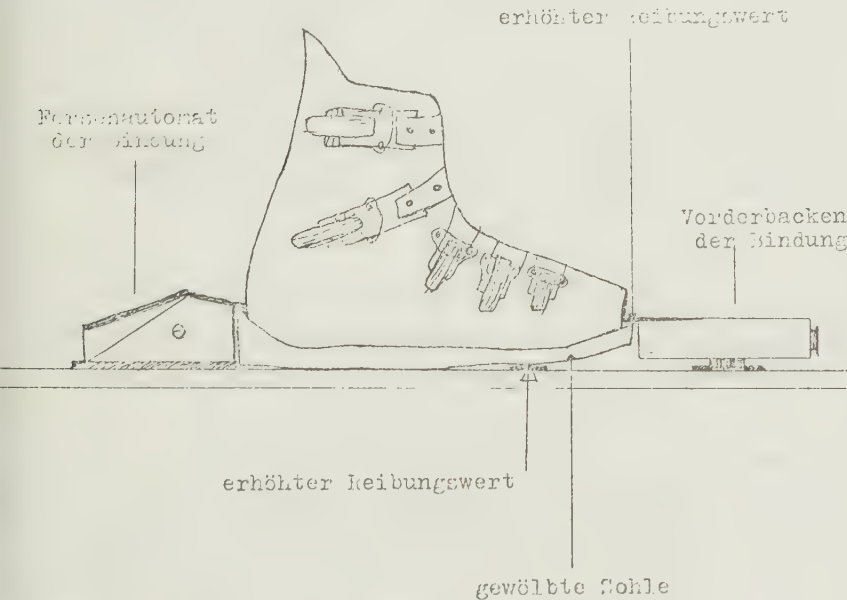
Die Vorteile des langen Skis liegen nur in der ruhigeren Führung des Skis, vor allem beim schnellen Fahren.

Eine empfohlene Skilänge liegt bei Anfängern und Kindern zwischen Körpergröße bis zu 20 cm darunter. Fortgeschrittene und gute Skifahrer können die Skilänge je nach Können zwischen Körpergröße und 20 cm darüber wählen.

Unsere Untersuchungen ergaben, daß 20 % der verletzten Anfänger einen zum Teil erheblich zu langen Ski (bis zu 27 cm über Körpergröße) wählten.

Skistiefel

Um ein einwandfreies Öffnen der Sicherheitsbindung zu ermöglichen, sollte die Reibung zwischen Stiefel, Bindung und Ski so klein wie möglich gehalten werden. Diese Voraussetzung ist aber nur gegeben, wenn die Sohlen der Skistiefel vollkommen plan sind und auf dem Ski eine glatte Rutschplatte befestigt ist. Wölben sich die Stiefelsohlen nach oben, wie es bei 54 % der untersuchten Stiefel der Fall war, entsteht einmal ein vergrößerter Reibungswert zwischen Ski und Schuhsohle, zum anderen ein erhöhter Reibungswert zwischen Sohlenspitze und Bindungsbacken.



Gewährleistet ist bei den Skistiefeln diese Forderung dann, wenn die Sohle und der Schaft aus Kunststoff bestehen, da die auf den Stiefel einwirkende

Feuchtigkeit und die beim Gehen einwirkenden Kräfte keine Quellsneigung oder Wölbung der Schuhsohle hervorrufen können. Auch bei einem Stiefel, dessen Sohle aus Kunststoff besteht und dessen Schaft aus plastifiziertem Leder hergestellt ist, kann die Sohle plan bleiben, wenn der Stiefel nach dem Skifahren gespannt wird. Bei den untersuchten Vollkunststoffstiefeln wies kein einziger eine gewölbte Sohle auf, und nur einer der Stiefel, die aus plastifiziertem Leder bestanden, zeigte an der Sohle eine Wölbung. Lederstiefel, bei denen nur die Sohlen aus Plastik bestehen, können die Forderung nach einer planen Sohle nach längerem Gebrauch nicht mehr erfüllen. Der beim Skifahren naß gewordene Stiefelschaft weist beim Trocknen Schrumpfkkräfte auf, die die Sohlenwölbung bewirken. Dazu kommen noch die formveränderten Kräfte beim Gehen ohne Ski, welche die Wölbung der Sohle begünstigen. 47 % der Lederstiefel mit Kunststoffsohle hatten gewölbte Sohlen. Von allen untersuchten Skistiefeln waren 40 % Lederstiefel mit Ledersohlen. Von diesen Stiefeln, die von den Patienten als sehr bequem beurteilt worden waren, wies nur ein einziges Paar keine Sohlenwölbung auf. Bei allen anderen lag die Sohlenwölbung zwischen 4 mm und 20 mm, wobei 43 % der Lederstiefel eine Sohlenwölbung hatte, die größer als 10 mm war.

Neben der Forderung einer planen Sohle, sollte der Skistiefel den Fuß und das Sprunggelenk fest, aber ohne zu drücken umfassen, damit eine exakte Führung des Skis gewährleistet ist.

Die Firmen erfüllen diese Forderung dadurch, daß entweder in den Stiefel eine geschäumte Kunststoffmasse eingebracht wird, die um den Fuß erhärtet oder der Stiefel innen mit einer weichbleibenden Masse ausgepolstert ist. Der Vorteil der weichbleibenden Masse liegt darin, daß sie sich der augenblicklichen Form des Fußes und des Gelenkes mit dem darüber befindlichen Kleidungsstücken anpaßt. Dagegen behält die Polsterung des geschäumten Stiefels seine einmal angepaßte Form immer bei, so daß durch verschiedene Strumpffarten gelegentlich Druckstellen auftreten können, was sich auf die Sicherheit beim Skifahren auswirken kann.

Bei 3 % der verunglückten Skiläufer war der Schuhsitz zu locker, bei 48 % saß der Stiefel mittelfest und bei 49 % umfaßte der Stiefel den Fuß fest.

Um das empfindliche Sprunggelenk vor Verletzungen zu schützen, sollte der Skistiefel einen hohen Schaft besitzen. Ist der Schaft aber zu hoch und starr, wird das Sprunggelenk nahezu unbeweglich im Stiefel fixiert und die Bewegungen übertragen sich auf das Kniegelenk, wobei die verschiedenen Bänder des Knies stark beansprucht werden. Solche hohen, als Rennstiefel bekannten Stiefel, sollten sich nur gut durchtrainierte Abfahrtsläufer anschaffen. 80 % der untersuchten Stiefel besaßen einen zu niederen Schaft und 2 % der Skistiefel konnten als zu hoch bezeichnet werden.

Sicherheitsbindung

Die wirksamste Vorbeugung gegen einen Beinbruch durch einen Sturz beim Skifahren leistet eine Sicherheitsbindung. Nach G. WITTMANN muß die Sicherheitsbindung eine Doppelfunktion wahrnehmen: (13)

"Zuverlässige Freigabe des Beins vor dem Auftreten verletzungsgefährlicher Belastungen,

Übertragung der notwendigen aktiven Steuerkräfte und aller für das Bein ungefährlichen passiven Störkräfte.

Um dieser Aufgabenstellung gerecht zu werden, muß eine Skisicherheitsbindung bestimmte technische Eigenschaften aufweisen und auf den für den einzelnen Skifahrer individuell richtigen Auslösegrenzwert eingestellt sein. Für die Wahl dieses Auslösegrenzwertes und für die Festlegung der Anforderungen an die Funktion ist die Kenntnis bestimmter Belastungskennlinien nach Betrag und Einwirkdauer notwendig. Diese Zusammenhänge sind in Abb. 1 in einem Reaktionskraft-Einwirkzeit-Diagramm dargestellt. Dabei sind zwei Hauptbelastungskennlinien zu unterscheiden. Die obere Kennlinie (2) der Verletzungsgrenze des Beins, also die Reaktionskraft an der Bindung aus einer äußeren Belastung, die mit hoher statistischer Wahrscheinlichkeit zu einer typischen Verletzung führt.

Die untere Kennlinie (1) der Festhaltgrenze, also die Obergrenze der Festhaltekräfte, die zur Vermeidung von Fehlauslösungen und damit möglichen atypischen Verletzungen notwendig sind. Die Festhaltekräfte setzen sich aus aktiven Steuerkräften und kurzzeitigen passiven Störkräften zusammen. Auf der Abszisse dieses Diagrammes sind theoretisch 4 Zeitgrenzwerte zu unterscheiden.

Die Zeitgrenze a markiert den Übergang der Belastungsfähigkeit des Beins vom statischen in den dynamischen Bereich, also die Grenze, bei der die Belastungsfähigkeit infolge der Belastungsgeschwindigkeit anzusteigen beginnt.

Die Zeitgrenze c begrenzt den dynamischen Belastungsbereich des Beins und gibt die kürzeste Krafteinwirkung an, bei der unter realen Bedingungen des Skilaufes das Bein noch brechen kann.

Die Zeitgrenze b gibt die kürzeste Einwirkdauer der aktiven Steuerkräfte an.

Die Zeitgrenze d stellt die kürzeste Einwirkdauer der passiven Störkräfte dar.

Um sowohl typische Verletzungen als auch Fehlauslösungen zu vermeiden, muß der individuelle Auslösegrenzwert (1) in dem Bereich liegen, der durch die Verletzungsgrenze und die Festhaltegrenze abgesteckt wird. Der Verlauf dieser Kennlinien im Kurzzeitbereich zeigt deutlich die Notwendigkeit, daß sich der statisch eingestellte Auslösegrenzwert anpassen muß. Die dynamischen Eigenschaften einer Skisicherheitsbindung sollten gewährleisten, daß die Bindung im Kurzzeitbereich mit steigenden Festhaltekräften reagiert und damit die Abstände zu den Belastungskennlinien erhalten bleiben. "

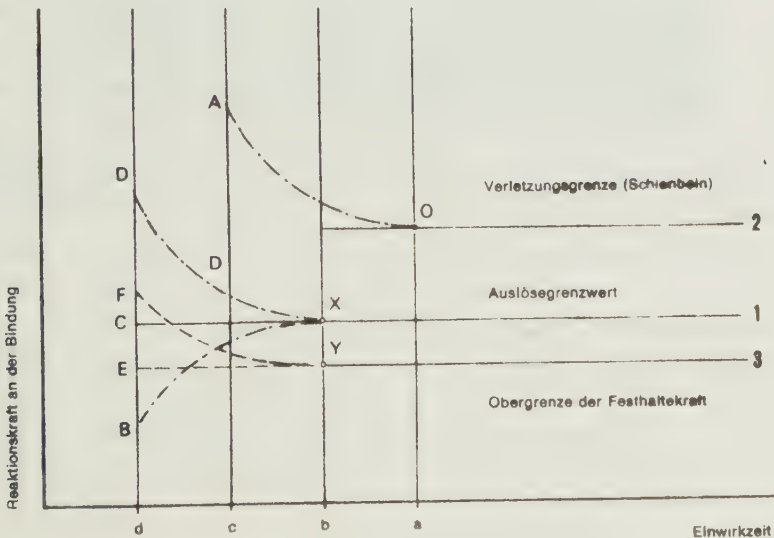


Abb. 1 Die maßgebenden Belastungskennlinien im Reaktionskraft-Einwirkzeit-Diagramm

Diese Forderungen erfüllt eine IAS-geprüfte und richtig eingestellte Sicherheitsbindung. Obwohl diese Erkenntnis immer wieder propagiert wird, besaßen 3 % der verunglückten Patienten an ihren Skiern keine Sicherheitsbindung.

2 % fuhren mit einer alten Langriemenbindung mit Drehteller und Drehbacken und 23 % besaßen eine Sicherheitsbindung, die aus Vorderstrammer und Drehbacken bestanden. Die Bindungsarten erfüllen die Qualitätsmerkmale, die man heute an eine Sicherheitsbindung stellt, nicht mehr.

Betrachtet man die Bindungselemente auf dem Ski der verunglückten Patienten einzeln, so ergab die Nachprüfung der Bindungen, daß 16 % normal, 20 % zu locker und 64 % zu fest eingestellt waren. Da aber zum Skifahren 2 Ski benötigt werden und jeder Ski 2 Bindungselemente besitzt, ergab sich aus unserer Auswertung, daß nur 3 % der untersuchten Ski normale Bindungswerte aufwiesen.

Auffallend war der relativ hohe Prozentsatz von 16 % der Patienten, die am Tage des Unfalls einen Leihski fuhren. Es muß daher angenommen werden, daß die Skiverleihgeschäfte die Einstellung der Bindung sehr ungenau vornehmen. Nach Angaben der Patienten wurden 16 % der Bindungen überhaupt nicht eingestellt, 34 % stellten ihre Bindung selbst ein und 48 % ließen ihre Bindung im Sportgeschäft einstellen. Bei 2 % der verletzten Skikäufer nahm der TÜV die Einstellung der Bindung vor. Da die Bindungen auch einer Abnutzung unterliegen, können sich die, vor Jahren vom Fachgeschäft richtig eingestellten Bindungswerte, geändert haben, so daß es sich empfiehlt, die Skibindung jedes Jahr vor der Skisaison neu einstellen zu lassen.



Abbildung 1

Beispiel für die extreme Sohlenwölbung an einem Lederstiefel mit Ledersohle. Die Stiefelhöhe reichte bis unter das Sprunggelenk. Die Wölbung der Sohle betrug 20 mm.

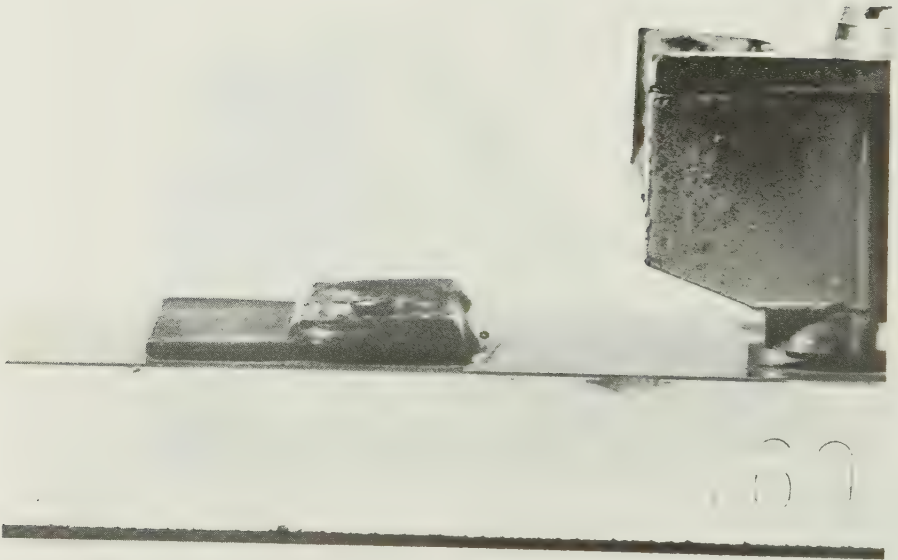


Abbildung 2

Beispiel für eine ungepflegte Skibindung. Die Schraube, mit der die Rutschplatte auf den Ski montiert worden war, ragt 3 mm heraus. Der Skistiefel war dadurch gegen eine seitliche Auslösung fixiert.

Zusammenfassung der Hauptursachen für die Skiunfälle
der untersuchten Personen

Ursache 1 Die hauptsächlichste Verletzungsursache der Skiläufer waren die falsch eingestellten Sicherheitsbindungen. Nur 3 % der überprüften Bindungen wiesen normale Einstellwerte auf. 22 % der Bindungen lösten überhaupt nicht mehr aus.

Ursache 2 Weniger als eine Unfallursache, sondern vielmehr als Verletzungsursache waren die mangelhaften Skistiefel der verletzten Patienten anzusehen. Bei 54 % der untersuchten Stiefel war die Sohle gewölbt. 43 % der Sohlen waren über 10 mm gewölbt.

Ursache 3 Eine der Hauptursachen für die Unfälle der verletzten Skiläufer war die mangelnde oder fehlende Kondition. Nur 35 % der Patienten betrieben während des ganzen Jahres laufend Sport und 77 % betrieben vor der Skisaison keine Skigymnastik. Diese fehlende Kondition machte sich in folgenden Punkten bemerkbar:

- a) 58 % der Unfälle traten nach 15 Uhr auf
- b) Bei 22 % lag die Unfallstelle in einer Höhe über 2000 m.
- c) 23 % hatten eine Abfahrtsleistung von mehr als 3000 Höhenmetern hinter sich, als der Unfall passierte.
- d) 65 % der Personen, die keinen Sport betrieben, stürzten auf den ersten 1000 Höhenmetern.
- e) 42 % der untersuchten Patienten schliefen weniger als 8 Stunden in der Nacht vor dem Unfall.
- f) 24 % der verletzten Skiläufer fuhren schnell und sehr schnell, als der Unfall passierte.
- g) Das Überfahren einer längeren Strecke kurzer Wellen erfordert viel Kraft. 42 % stürzten auf einer Strecke kurzer Wellen

- h) In 68 % der Unfallstellen war das Gelände steil und sehr steil.
- i) Die Schneequalitäten Pappschnee, Bruchharsch und Sulzschnee erfordern vom Skifahrer eine gute Kondition. 34 % der Patienten stürzten bei diesen Schneebedingungen.

Ursache 4 Die Überschätzung des eigenen Fahrkönnens führt zu einer leichtsinnigen Fahrweise. Nach Angaben der Patienten hielten sich 65 % für gute und sehr gute Skifahrer. Trotzdem führte der Unfall durch folgende Fahrfehler zum Sturz:

- a) 33 % verkanteten die Ski
- b) Bei 28 % hatten sich die Skigekreuzt
- c) 17 % verrissen den Ski
- d) 16 % rutschten weg
- e) 10 % fuhren auf ein Hindernis auf
- f) 10 % stürzten beim Ausweichen eines anderen Skiläufers
- g) 3 % stießen mit anderen Skifahrern zusammen.
- h) 2 % stürzten aus einer Höhe.

Ursache 5 Mangelnde Skibelag-, Kanten- und Bindungspflege. 60 % der Patienten gaben an, die Laufflächen ihrer Ski weder ausgebessert noch gewachst zu haben, 65 % hatten die Kanten ihrer Ski niemals nachschleifen lassen. 60 % hatten ihre Skibindung nie gepflegt.

Ursache 6 Bei schlechten Sichtverhältnissen, wie diffuses Licht, Nebel und Schneetreiben stürzten 19 % der untersuchten Patienten.

Ursache 7 Bei wenigstens 7 % der Patienten erfolgte der Sturz
unter Einwirkung von Alkohol.

Ursache 8 20 % fuhren einen ihrer Körpergröße und ihrem
Können entsprechenden zu langen Ski.

Literaturübersicht

- (1) G. A. PILZ "Unfallverhütung aus der Sicht der Psychologie und Sozialpsychologie"
aus "FORUM DAVOS", Skifahren und Sicherheit, 1973, Seite 200
- (2) U. WEBER "Konditionstraining - Vorbereitungstraining für Skifahrer"
aus FORUM DAVOS - Skifahren und Sicherheit" 1973, Seite 184, 185
- (3) E. RAAS "Extrembelastung beim Skifahren"
aus "FORUM DAVOS - Skifahren und Sicherheit" 1973, Seite 31, 25
- (4) H. HENZI und K. BIENER "Kondition und Skiunfall" aus Zeitschrift: Sportarzt und Sportmedizin, Heft 9/1972
- (5) W. KEIDEL "Kurzgefaßtes Lehrbuch der Physiologie" 1967
- (6) G. SCHÖNHOLZER "Der Skilauf aus der Sicht des Leistungspsychologen"
aus "FORUM DAVOS - Skifahren und Sicherheit" 1973, Seite 16
- (7) P. BERNETT "Ursachen schwerer Skiverletzungen"
aus Ärztliche Praxis XXV. Jahrgang Nr. 95 (Seite 4389) vom 27. Nov. 1973
- (8) K. GAMMA "Skiausbildung und Unfallverhütung"
aus "FORUM DAVOS - Skifahren und Sicherheit" 1973, Seite 175
- (9) H. MAURER "Skitechnik und Skiunfall"
aus "FORUM DAVOS - Skifahren und Sicherheit" 1973, Seite 177, 179
- (10) K. WEGMÜLLER "Sicherheitsanforderungen an die Ski-Ausrüstung"
aus "FORUM DAVOS - Skifahren und Sicherheit" 1973, Seite 111

- 1) P. BERNETT und
W. MANG "Wetterfähigkeit und Unfallgefahr"
aus "FORUM DAVOS - Skifahren und Sicherheit" 1973, Seite 189, 192, 193
- 2) E. ASANG "Verletzungsschutz beim Skisport"
aus Zeitschrift: Sportarzt und Sportmedizin,
Heft 8/1972
- 3) G. WITTMANN "Experimentelle und angewandte Biomechanik
des menschlichen Beins"
aus "FORUM DAVOS - Skifahren und Sicherheit" 1973, Seite 39, 40, 44

Ganz besonders danke ich Herrn Oberarzt
Dr. P. Bernett für die Überlassung der
Arbeit und seine freundliche Unterstützung
bei der Bearbeitung.

Lebenslauf

Am 30. Januar 1942 wurde ich, Gert-Ulrich Müller, als Sohn des Zahnarztes Dr. Horst Müller und seiner Ehefrau Dorle, geb. Mehnert, in Dresden geboren.

Im Jahre 1948 trat ich in die Volksschule in Großenhain/Sachsen ein. Von 1950 bis 1953 besuchte ich die Volksschule in Stuttgart, anschließend verbrachte ich meine Schulzeit bis 1962 an der Wilhelmsoberschule in Stuttgart. Mit der Reifeprüfung beendete ich meine Schulzeit 1964 an der Rupprecht-Oberrealschule in München.

1964 begann ich mein Studium an der Universität in München. Im März 1972 absolvierte ich in München das zahnärztliche Staatsexamen und erhielt am 26. 4. 1972 meine Approbation als Zahnarzt.

Seit Sommer 1972 bin ich als zahnärztlicher Assistent an der Zahnstation des Nervenkrankenhauses Haar tätig.

München, 10. Oktober 1974

